مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (14)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (14) 2003

اقتراح طريقة لتحديد السماكة المنضغطة في الطبقات المتجانسة ومقارنتها مع الطرق والكودات المعروفة

الدكتور وائل حرفوش*
الدكتور منذر عمران*

(قبل للنشر في 2003/4/5)

□ الملخّص □

لدى تحليل وتقييم الطرق الموجودة المعروفة لحساب سماكة الطبقة المنضغطة يتبين ان العديد من هذه الطرق توجد بينها قواسم مشتركة تصلح لكي تكون مقياسا للمقارنة فيما بينها كما إن اغلب هذه الطرق لم تأخذ بالاعتبار تأثيرات تغير الوزن الحجمي للتربة مع العمق وتأثير عمق التاسيس للاساسات وكذلك تأثيرات حالات التحميل ونزع التحميل عن التربة على قيم سماكة الطبقة المنضغطة كذلك لم تاخذ بالاعتبار سماكة المنضغطة التي يحدث فيها التشوه الارتدادي (المعاكس) أثناء نزع الحمولة لذلك فقد حاول البحث الاحاطة بجميع هذه النقاط عن طريق إجراء مقارنات مختلفة وتجارب حقلية ومخبرية وتم التوصل الى علاقات تسمح بالتقدير الصحيح لقيم سماكة الطبقة المنضغطة وكذلك سماكة المنطقة التي تحدث فيها التشوهات المعاكسة.

*أستاذ مساعد في قسم الهندسة الجيوتكنيكية . كلية الهندسة المدنية . جامعة تشرين . اللاذقية . سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (14)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (14) 2003

Suggesting a Method for the Determination of the Compressed Thickness in Homogeneous Layers. Comparison with Cods

Dr. Wael Harfoush*
Mounzer Omran *

(Accepted 5/4/2003)

□ ABSTRACT □

The known methods for determination of compressed thickness in homogeneous layers, are easely compared, because they have enough common charachteristics.

As the same time, most of these methods didn't take into account the effects of volumetric weight in relation to the depth of bases and the effects of load and unload situations on the values of the thickness of compressed layer. Moreover they didn't take into account the thickness of the compressed layer in which the opposite deformation happens during unloading. So this paper addresses all these points by doing many comparisons as well as field and laboratory experiments. These led to the establishment of relations that help to evaluate the value of compressed layer thickness and the thickness in the region of the opposite deformation.

***Assistant Prof- Geo-Technic Engineering Section – Faculty of Civil Engineering –Tishreen University – Lattakia- Syria.**

مقدمة :

ان التحديد الدقيق لسماكة الطبقة المعرضة للانضغاط بتاثير حمولات اساسات المنشآت يعتبر ضروريا لتقدير القيمة الصحيحة لهبوط هذه الاساسات حيث ان التقدير الدقيق لقيمة الهبوط يجعل من الممكن اقتراح الاجراء الملائم لمنع او لتخفيف اثر الهبوطات التي يمكن ان تسبب تصدع المنشآت الهامة.

ان مسألة تعيين السماكة المنضغطة هي مسألة لم تحل بعد بشكل كامل ودقيق ولاتزال حتى الآن تخضع للاعتبارات التقريبية ولهذا السبب اشتغل العديد من الباحثين وقدموا الكثير من المقترحات والطرق لتعيينها وهذا مادفعنا ايضا الى اختيار هذا الموضوع كموضوع بحث.

عرض شامل لنتائج الابحاث السابقة:

لدى اطلاعنا على مجموعة كبيرة من الطرق المتوفرة لتحديد السماكة المنضغطة في تربة التاسيس وجدنا بعض التشابهات فيما بينها بحيث امكن لنا ان نصنفها الى ثلاث مجموعات:

. المجموعة الاولى: تتضمن الطرق التي تحدد سماكة الطبقة المنضغطة من التربة اعتمادا على نسبة الاجهاد على حدود الطبقة.

ـ المجموعة الثانية: وتشمل الطرق التي تحدد سماكة الطبقة المنضغطة اعتمادا على نسبة التشوهات على حدود الطبقة المنضغطة.

. المجموعة الثالثة: وهي الطرق الاخرى المتبقية التي لاتنتمي الى المجموعتين السابقتين.

وقد لوحظ بشكل عام ان الطر ق المصنفة ضمن المجموعات السابقة تعتمد في تعيين الاجهادات والتشوهات في تربة التاسيس على نظرية التشوه الخطي لنصف الفراغ المرن وهذا الاعتبار هو اعتبار تقريبي غير دقيق.

أ) طرق المجموعة الاولى:

تنتمي اليها الطرق التي تعتبر ان سماكة الطبقة المنضغطة تتاثر بقيمة الاجهادات الاضافية التي لاتزيد عن نسبة معينة k من الوزن الذاتي للتربة (مقدارها 20% في اغلب الكودات والانظمة) [1] و[2] و[3]، وهذا الاعتبار هو تقريبي غير دقيق لانه لاياخذ بالاعتبار مواصفات تربة التاسيس وابعاد الاساس .

توجد بعض الاقتراحات التقريبية لزيادة دقة الطرق السابقة [4] والتي توصي بتقليل النسبة k عن 20% بحيث تصبح سماكة الطبقة المنضغطة اكبر وتكون التربة ضمن مجال العمق الحدي للطبقة المنضغطة اقل تاثرا بالهبوط.

كما توجد بعض الطرق التي لاتزال واسعة الانتشار [5] و[6] و[18] والتي تنص على ان العمق الحرج يقع حيث يتحقق الشرط التالي:

$$s_z \leq 0{,}1 . s_o \qquad (1)$$

حيث: s_z: قيمة الاجهاد بتاثير الحمولة الخارجية

s_o: الاجهاد الناتج عن وزن التربة

اعتبر بعض الباحثين الآخرين [6] ان مساوئ الطرق المقترحة السابقة تكمن في اهمال الاجهادات تحت حدود الطبقة المنضغطة واعتبروا ان العمق الحدي من اجل الاساس المستمر هو العمق الذي تكون فيه نسبة الاجهاد مساوية الى 10% من من قيمة اجهاد نعل الاساس و6% من اجل الاساس المربع.

أي:

$$\begin{array}{ll} s_z \le 0{,}1 \cdot p & \text{اساس مستمر} \\ s_z \le 0{,}06 \cdot p & \text{اساس مربع} \end{array} \qquad (2)$$

حيث p: اجهاد نعل الاساس.

ب) طرق المجموعة الثانية:

اعتبر Maslov [8] ان انضغاطية تربة التاسيس تختلف بشكل جذري مع العمق وعلى الرغم من ذلك فقد وجد ان الفروق في قيم الهبوط الناتجة عن ذلك لاتتجاوز 5% ولم يذكر كيف يمكن تحديد هذه الفروق.

اقترح Florin [9] اخذ قيمة لسماكة الطبقة المنضغطة تساوي عمق الانضغاط الفعال (وهو العمق الحدي h_a الذي بعدة تكون اية فروقات في قيم الهبوط لاتزيد عن 5%) حيث وجد انه في الاعماق z الاكبر من h_a تكون مسامية التربة e ثابتة وتساوي الى المسامية عند العمق h_a :

$$e^* = e(h_a)$$

حيث ان سماكة الطبقة المنضغطة من اجل المسألة الفراغية تعين بالعلاقة:

$$h_a = \sqrt{\frac{3 + k}{1 + k^2} \cdot \frac{p \cdot a}{4 \cdot p\ (1 + e^*)} \cdot \frac{1 + 2k}{1 + 2k_0} \cdot \frac{1}{g \cdot D_s}} \qquad (4)$$

حيث:

k: معامل الدفع الفعال

k_o: معامل الدفع اثناء السكون

a: معامل الانضغاط

p: الاجهاد الناتج عن الاساس

g: الوزن الحجمي للتربة

Ds: الفروق في تعيين الهبوط

e*: مسامية التربة عند العمق h_a

من اجل تعيين h_a من العلاقة السابقة يجب ان تكون جميع المعطيات الواردة في العلاقة متوفرة ماعدا e* بحيث اذا تم اختيار أي قيمة لـ e* يمكن حساب h_a. وبعد ذلك يحسب اجهاد التربة الناتج عن وزن التربة عند العمق h_a وذلك من العلاقة $g. h_a$ ومنه تحسب المسامية الحقيقية e* من علاقة التشديد المعروفة: $e^* = a.\ln(p_c+g. h_a)$. ثم تحسب بعد ذلك قيمة h_a الحقيقية مرة اخرى من العلاقة (4).

ويلاحظ انه اضافة الى صعوبة تحديد قيمة h_a فان قيمتها المعينة هي نظرية وتبلغ قيما غير مقبولة.

ج) طرق المجموعة الثالثة :

اقترح Hakimof [10] طريقة تقريبية عملية لتحديد سماكة الطبقة المنضغطة افترضت ان ثمة تناسبا طرديا بين عمق الطبقة المنضغطة وعرض المساحة المحملة واستخدم نتائج تجارب التحميل المجراة على التربة المحملة بحمولات ستاتيكية من اجل تعيين قيمة h_a بعلاقة الهبوط حسب نظرية المرونة للمسألة المستوية

$$s = \frac{2a.p_o}{E}\left\{\frac{1}{p}(1-m^2)\ln\left[1+\left(\frac{h_A}{2a}\right)^2\right]+\frac{1}{p}.\frac{h_a}{a}(1-m-2m^2)\arctan\frac{2a}{h_a}\right\} \qquad (5)$$

$$s = \frac{2a.p_o}{E}\psi\left(\frac{h_a}{a},m\right) \qquad (6) \qquad \text{او}$$

$$\frac{sE}{2ap_o} = \psi\left(\frac{h_a}{a},m\right) \qquad (7) \qquad \text{ومنه}$$

حيث:

2a: عرض الاساس او عرض القرص المحمل

p_0: اجهاد نعل الاساس

$\frac{h_a}{a}$: نسبة عمق الطبقة المنضغطة الى نصف عرض الاساس

m: عامل بواسون

Eo: معامل التشوه الادومتري

واقترح اخذ قيمة الطرف الايسر من العلاقة (4) من تجارب التحميل المحملة بحمولات تجريبية مختلفة ونظمت العلاقة على شكل جداول ومنحنيات لتسهيل الحساب.

عند حساب الهبوط بطريقة الطبقة المكافئة [11] فان عمق الطبقة المنضغطة يؤخذ مساويا الى ضعف سماكة الطبقة المكافئة تقريبا أي :

$$h_a = 2.A.w.b \qquad (8)$$

حيث :

$A = \frac{1-m}{1-2m}$: عامل دون واحدة يتعلق بقيمة معامل بواسون

w: عامل شكل الاساس

b: عرض الاساس

ولهذا السبب فان طريقة حساب سماكة الطبقة المنضغطة لاتتعلق بالحمولة المنقولة من الاساس الى التربة ولاتتعلق بعمق التاسيس ولابالظروف الهيدرولوجية والجيولوجية للمنطقة التي يبنى فيها.

اقترح Rasenfeld [12] طريقة لحساب سماكة الطبقة المنضغطة بناء على افتراض ان معامل التشوه E يتزايد في التربة بزيادة الاجهاد مع العمق ولذلك فانه رصد تغير معامل التشوه E على عمق معين تحت تاثير الاجهادات الاضافية p_z وتبين له ان هذا التغير طفيف وقيمة معامل التشوه يمكن تقريبها الى نفس القيمة عندما p_z 0 =، ومن الناحية العملية فان هذا العمق غير موجود لذلك يؤخذ معامل التشوه بشكل تقريبي مساويا الى 1,01.

E حيث E هي معامل التشوه عندما $p_z = 0$ وتعتبر سماكة الطبقة المنضغطة مساوية الى العمق الذي يكون عنده معامل التشوه مساويا الى 1,01. E .

من خلال الفرضية السابقة يعطي Rasenfeld علاقة لتعيين h_a تاخذ بالاعتبار خواص تشوه تربة التاسيس من اجل الاساس المستمر والمستطيل :

$$h_a = \frac{120 \cdot p_0 \cdot b}{k} \quad \text{(اساس شريطي)}$$

$$h_a = 7,1 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{b\,(p_0 - 0,005 \cdot k)}{z}} \quad \text{(اساس مربع)} \qquad (9)$$

حيث :

b: المتحول البدائي لمنحني توزع اجهاد الانضغاط في طبقات التربة تحت الاساسات المستطيلة الشكل ويتعلق بالنسبة بين ابعاد المستطيل.

z: عامل يتعلق بانحناء وتقوس منحني التشديد

b: عرض الاساس

ان b, k: هي قيم معطاة من قبل الباحث ضمن طريقته المقترحة لحساب الهبوط والمسماة بطريقة التكامل الطبقي وبهذا الشكل فان قيمة h_a تتعلق بقيمة الاجهاد تحت نعل الاساس وبابعاد الاساس وبخواص انضغاطية التربة وبهذه الطريقة المقترحة تتناقص h_a كلما زاد معامل التشوه المرن للتربة.

اقترح Plagemann وLanger [13] من اجل حساب الهبوط تحت المنشآت اخذ سماكة الطبقة المنضغطة لتربة التاسيس مساوية الى 5.b (حيث b هو عرض الاساس) ولم ياخذ الباحثان بالاعتبار لا عمق التاسيس ولا الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة وليس للطريقة المقترحة من قبلهما أي اثبات نظري او عملي.

الدراسة والتحليل المقارن للطرق السابقة :

قمنا بدراسة وتحليل جميع الطرق السابقة وحل العديد من الامثلة التطبيقية عليها وبنتيجة هذه الدراسة وجدنا العديد من القواسم المشتركة بينها والتي تصلح ان تكون معياراً للمقارنة فمن ذلك على سبيل المثال :

اولا: تبين ان سماكة الطبقة المنضغطة تحت الاساس المربع في جميع الطرق تتعلق :

1 . بابعاد الاساس عندما يكون اجهاد نعل الاساس p ثابتا ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي :

$$h_a = f(\sqrt{F}) \qquad (10)$$

حيث F: مساحة الاساس المربع. وقد تم من قبلنا حل العديد من الامثلة العددية ورسم العلاقة بين سماكة الطبقة المنضغطة وبين $\sqrt{F}$ من اجل قيمة معينة ثابتة لاجهاد نعل الاساس تساوي $2kg/cm^2$ وذلك لمختلف الطرق السابقة. الشكل (1).

2 . بابعاد الاساس عندما تكون الحمولة ثابتة على الاساس ويعبر عن ذلك كما يلي :

$$h_a = f(\sqrt{F}) \qquad (11)$$

وقد رسمنا ايضا في الشكل (2) بناء على العديد من الامثلة التي قمنا بحلها لعلاقة بين سماكة الطبقة المنضغطة وبين $\sqrt{F}$ من اجل حمولة ثابتة على الاساس قيمتها $N = 80\ t$ على سبيل المثال وذلك لمختلف الطرق السابقة. وبهذه الحالة فان الاجهاد الصافي عند منسوب نعل الاساس يمكن ان يكون متغيرا.

3 . باجهاد نعل الاساس عندما يكون طول ضلع الاساس المربع b ثابتاً ويعبر عن ذلك كما يلي :

$$h_a = f(\sqrt{p}) \qquad (12)$$

وقد رسمت في الشكل (3) بناء على الامثلة المحلولة العلاقة بين سماكة الطبقة المنضغطة من اجل $b = 2m$ وذلك لمختلف الطرق السابقة .

ثانياً: بينت المقارنة ان سماكة الطبقة المنضغطة من اجل الاساسات المستطيلة والمستمرة تتعلق بالنسبة بين ابعاد الاساس وهذا مايمكن التعبير عنه كما يلي :

$$h_a = f(\sqrt{\frac{l}{b}}) \qquad (13)$$

حيث: l, b: طول وعرض الاساس .

تم في الشكل (4) رسم العلاقة بين سماكة الطبقة المنضغطة وبين نسبة طول الاساس الى عرضه l/b وذلك من اجل $p = 2kg/cm^2$ و $b = 2m$.

في الاشكال من 1 الى 4 اخذت من اجل الحساب مواصفات التربة التالية:

(الوزن الحجمي للتربة $1,9\ t/m^3$، عمق التاسيس $1,5m$، عامل التشوه $100\ kg/cm^2$، عامل انضغاطية التربة $A = 0,062$، معامل المسامية $e = 0,72$، معامل بوسون $0,35$).

ثالثا: لدى مقارنة الطرق السابقة وجد ان :

. طريقة فلورين Florin اعطت اعظم قيمة للسماكة المنضغطة .

. قيمة h_a بطريقة Plageman وLanger اكبر بمقدار (4−10) في الامثلة المحلولة من قيمتها في النورم الالماني DIN والنورم الروسيSNIP .

. تاخذ h_a قيمة متوسطة بطريقة تسيتوفيتج اما بطريقة Rasenfeld فانها اكبر بمقدار بمقدار (1,5−2) من قيمة النورم SNIP وعندما تكون قيمة الاجهاد $2kg/cm^2$ فان h_a تقترب من قيمة تسيتوفيتج.

. يؤثر عرض الاساس في جميع الطرق بشكل واضح على قيمة h_a. ففي طريقة فلورين فان $h_a = 5,5m$ (عندما يكون $p = 2kg/cm^2$ و $b = 1m$) بينما تكون وفق نورم SNIP من اجل نفس القيم مساوية (1,5−2 م).

. العلاقة بين h_a وعرض الاساس في اغلب الطرق هي علاقة خطية وفي نفس الوقت فهي غير خطية وفق النورم الالماني DIN والنورم الروسي SNIP.

. تاثير طول الاساس على قيمة h_a قليل فالنسبة $(n = l/b)$ عندما يكون العرض ثابتا تملك تاثيرا قليلا جدا عندما تقارن مع تاثير عرض الاساس لوحده ولذلك فان قيمة h_a في العديد من الطرق من اجل الاساس المستمر تساوي تقريبا قيمة h_a من اجل الاساس المربع.

. تاثير زيادة الاجهاد على قيمة h_a المعينة وفق النورم SNIP ووفق النورم الالماني DIN وحسب فلورين وحسب Rasebfeld يماثل التاثير الذي تسببه الزيادة في عرض الاساس .

. ان قيمة h_a بحسب طريقة " كوزمين وفيرانسكي" تتناقص مع زيادة الاجهاد وتسعى الى الصفر وهذا غير منطقي (انظر الشكل 3).

- من اجل جميع الطرق المتبقية الاخرى فان قيمةh_a غير متعلقة بقيمة الاجهاد اسفل الاساس وهذا ايضا غير منطقي اضافة الى انه في مثل هذه الحالات فان ثمة قيما للضغط الاضافي على حدود الطبقة المنضغطة وقيما مختلفة لنسبة هذا الضغط الى الضغط الناتج عن الوزن الذاتي.
- حلت من قبلنا مجموعة من الامثلة على مجموعة من الاساسات المربعة المختلفة الابعاد ولكن المحملة بنفس قيمة الاجهاد وتبين انه كلما زادت مساحة الاساس تزداد قيمة سماكة الطبقة المنضغطة في بعض الطرق وفي بعض الطرق الاخرى تتناقص، وتبقى ثابتة في طريقة فلورين فقط مع العلم ان هذه السماكة هي اكبر بمقدار (3,5–5) مرات منها في طريقة كوزمين وفيرونسكي (انظر الشكل 2).

البارامترات المقترحة من قبلنا وعلاقتها بسماكة الطبقة المنضغطة:

بعد دراسة وتحليل البارامترات المختلفة وتاثيرها على قيم سماكة الطبقة المنضغطة للطرق المختلفة تبين لنا ان الطرق السابقة الواردة ضمن سياق البحث :

أ . لم تاخذ بالاعتبار تاثير تغير الوزن الحجمي للتربة على قيمة h_a .

ب . لم تاخذ بالاعتبار تاثير تغير عمق التاسيس على قيمة h_a .

ج . في بعض المنشآت الهندسية المؤسسة على الغضار مثل (صوامع الحبوب وخزانات النفط الظاهرة والمطمورة في التربة او خزانات الغاز الكروية ..الخ) تتعرض هذه المنشآت الى تحميل والى تفريغ بشكل متناوب مما يؤدي الى تشوهات سيلانية عكسية على الترب الغضارية تؤثر على سلوك الغضار وبالتالي على قيمة h_a بشكل عام نتيجة هذه التشوهات وهذا العامل لم تتم دراسته في الطرق المعروضة السابقة بحيث لايمكن الاعتماد عليها في حساب القيمة الحقيقية الواقعية لسماكة الطبقة المنضغطة من اجل هذه المنشآت.

قمنا من ا جل قياس التشوهات السيلانية العكسية باجراء مجموعة من التجارب المخبرية على موديل مخبري الشكل (5) هو عبارة عن برميل اسطواني معدني مملوء بالتربة اختيرت ابعاده بحيث يمكن لحظ وقياس أي زيادة او نقص في الاجهاد مهما كانت صغيرة بالمقارنة مع الاجهاد الناتج من وزن التربة نفسه تطبق عليه الحمولات والحمولات المعاكسة بواسطة زيادة او تخفيف الهواء المضغوط كما تقاس التشوهات والتشوهات الراجعة بواسطة حساسات مطمورة في تربة البرميل وعلى مستويات مختلفة وقد تم اختيار ارتفاع البرميل بحيث نصل الى عمق يمكن قياسه لايتاثر بالاجهاد الاقصى المطبق أي ان التشوهات فيه معدومة وتبين ان :

. كلما زاد الوزن الحجمي للتربة تتناقص قيمة h_a المحددة بطريقة النورم الروسي SNIP كما انها لاتزداد اذا تناقص الوزن الحجمي للتربة اما في الطرق الاخرى فان h_a تبقى ثابتة عند تغير الوزن الحجمي.

- لايؤثر عمق التاسيس كثيراً على قيمة h_a فعند زيادة عمق التاسيس تتناقص قيمة h_a بحسب SNIP وDIN وبحسب طريقة Kosmin-Fironski [14]، وFinakorof [15]، وRasenfeld [12] اما في الطرق الاخرى فليس ثمة تاثير واضح لعمق التاسيس على h_a.

. لوحظ ان قيمة h_a وفق طريقة فيناكوروف تتعلق فقط بالاجهاد وهذا غير منطقي.

وهكذا فان الطرق الحسابية المختلفة لتعيين عمق الطبقة المنضغطة تقابلها موديلات حسابية مختلفة وكذلك طرق حسابية مختلفة لتعيين الهبوط النهائي على المنشآت، وعندما يتم وضع طرق جديدة لحساب الهبوط المتوقع يجب التفكير باستنباط طرق جديدة لتحديد سماكة الطبقة المنضغطة التي يتعلق بها هذا الهبوط.

الدراسة الحقلية على اقراص التحميل والمخبرية على النموذج المخبري:

قمنا باجراء مجموعة من الدراسات التجريبية والحسابية لتحديد سماكة الطبقة المنضغطة كما قمنا باجراء مجموعة من تجارب اقراص التحميل على اقراص مساحتها 1000، 5000، 9400 سم^2 موضوعة على سطح الطبقة المتجانسة.

وبنتيجة دراسة النتائج المحصول عليها تم التوصل الى مايلي :

- ان قيمة السماكة المقاسة للطبقة المنضغطة وسطيا هي اقل بمقدار (1,5−2) مرة تقريبا من قيمتها المحسوبة في الكود الروسي SNIP، واقل بمقدار 1,58 مرة من قيمتها المحسوبة وفق الكود الالماني DIN.
- ان قيمة h_a المقاسة تزداد بشكل طفيف مع زيادة الاجهاد المطبق مقارنة مع القيم المحسوبة وفق الكودات المعروفة ولكنها تتناسب طردا مع الضغط ومع تطور التشوهات اللدنة التي يستدل عليها عند زيادة قيمة الاجهاد الحاصل عن قيمة اجهاد الانهيار في تجربة القص لنفس التربة وفي هذا المجال لن تكون ثمة علاقة خطية بين h_a وبين الاجهاد.
- تبين بنتيجة القياسات المجراة ان h_a المقاسة تتناسب مع جذر سطح الاساس او القرص وتتناسب مع عرض الاساس او القرص كما يلي :

$$h_a = f(\sqrt{b}) \qquad h_a = f(\sqrt{F})$$

وتبين ان هاتين العلاقتين خطيتان مع بعض الانحرافات البسيطة.

- تتناقص قيمة h_a المقاسة كلما زاد عامل التشوه E للتربة مع العمق .
- تتناقص قيمة h_a المقاسة مع زيادة عمق التاسيس .
- ان قيمة h_a المقاسة ثابتة عمليا مع الزمن وهذا مالوحظ بنتيجة المراقبة الطويلة المدى على الانزياحات الشاقولية للتربة في تجربة اقراص تحميل طويلة الامد.
- تم بناء على نتائج الدراسات الحقلية اقتراح علاقة تجريبية تقريبية لتحديد العمق الفعلي للطبقة المنضغطة تحت الاساسات او اقراص التحميل المربعة والدائرية والتي مساحتها بين 1000 و40000 سم^2 :

$$h_a = p.\frac{\sqrt{F} - m}{1+0{,}001E} \qquad (14)$$

حيث :

p: الاجهاد الصافي تحت الاساس.

m: عامل تصحيح بالسم مقترح من قبلنا يتعلق بسطح الاساس او القرص وفق مابينه المنحني في شكل (6).

من اجل دراسة التشوهات السيلانية العكسية التي كما ذكرنا سابقا تعتبر من المسائل الهامة العملية وعلى الاخص عند تحميل وتفريغ الصوامع بشكل متناوب او حفر الحفر المكشوفة العميقة عند اقامة المباني او عند هدم المباني وتشييد اخرى مكانها قمنا باجراء تجارب التحميل على النموذج المخبري المنوه عنه سابقا وذلك بعد اجراء تجارب التشديد وتجارب الضغط الثلاثي المحاور على عينات غضلرية مشبعة من نفس التربة. وقد تم من اجل النموذج المخبري تحضير عينات متشابهة طبقت عليها حمولات ناظمية مساوية الى:

$Pi = 0,1 ;\ 0,5 ;\ 1,0 ;\ 5,0 \ kg/cm^2$

وذلك لفترات زمنية مختلفة: 5 ساعات ؛ 5 ايام ؛ 30 يوما ومن ثم نزعنا الحمولة عن العينات، وسجلت خلال التجارب قيم تشوهات الانضغاط والتشوهات المعاكسة عند نزع التحميل .

بعد الحصول على النتائج وتحليلها تمت معالجتها رياضيا وفق طريقة العالم " Wichenvski " [16]، [17] للحصول على تابع السيلان وتبين ان تابع السيلان المعروف للتربة j_{t-t_0} يتناقص مع زيادة التحميل ولايتزايد كما هو الحال في المعادن وهذا مايفسر نشوء ظاهرة التكسوتروبي " استعادة المقاومة " اثناء الانضغاط، لذلك اقترحنا اعتمادا على النتائج صيغة رياضية معدلة جديدة غير موجودة في طريقة " Vichenwski " تاخذ بالاعتبار هذه الظاهرة:

$$j_{t-t_0} = q^{L}_{t-t_0} - (b \cdot p)^{m-1} . q^{M}_{t-t_0} \qquad (15)$$

حيث: $j^{L}_{t-t_0}$ ؛ $j^{M}_{t-t_0}$: توابع خطية وغير خطية متعلقة بالزمن استخرجناها كما يلي :

$$j^{L}_{t-t_0} = C_1 . [1 - e^{-r_1 (t-t_0)}] \qquad (16)$$

$$j^{M}_{t-t_0} = C_2 . [1 - e^{-r_2 (t-t_0)}] \qquad (17)$$

حيث: $C_1 = 4,4 ;\ C_2 = 3,5 ;\ r_1 = 0,053\ [1/day] ;\ r_2 = 0,05\ [1/day]$

$t_0 = 30$ sec

m : ثابت لوحظ انه يساوي الى 1,0696 تقريبا في جميع عينات للتربة الغضارية المجربة

b: عامل توحيد الواحدات ويساوي 1 واحدته $[kg/cm^2]$

كما لوحظ ان التشوهات السيلانية العكسية e_{PP} تتعلق مباشرة بقيمة الحمولة المطبقة عليها وبزمن تاثيرها t_p وبالزمن الذي يستغرقه نزع الحمولة /t-tp/ وهو مايمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية التي اقترحناها:

$$e_{PP}(p, t_p, t - t_p) = e_P(t_p) . l . [F(p), t_p, t - t_p) \qquad (18)$$

حيث: $e_P(t_p)$: تشوهات السيلان الخطية حتى لحظة نزع الحمولة

I: عامل دون واحدة ويساوي الى نسبة التشوهات السيلانية في اللحظة المدروسة بعد نزع الحمولة الى مجموع التشوهات السيلانية الخطية في لحظة نزع الحمولة .

بنيت نتائج التجارب على ان العامل I يتناقص بشكل غير خطي كلما:

. طال زمن نزع الحمولة /t-tp/

. زادت قيمة الحمولة المنزوعة p

ويتزايد كلما زاد زمن التحميل tp .

من خلال نتائج القياس والتعديل النظري لعلاقات فيتشينسكي في مقاومة المواد بما يتوافق مع التربة تم استنتاج علاقة رياضية لتحديد قيمة العامل I بحسب البارامترات التي يتعلق بها:

$$I(p, t_p, t - t_p) = 1 - (a_k + c.e^{-\frac{t_p}{t_P}})(1 - e^{-b(t - t_p)})(b.p)^{m¢} \qquad (19)$$

حيث: $b = 3[1/day]$ ؛ $c = 0,45$ ؛ $ak = 0,15$ ؛ $m¢ = 0,303$ ؛

$$b = 3[1/Mpa] \; ; \; t_P = 5[day]$$

وبناء على هذه العلاقة الرياضية التي استخرجناها قمنا برسم المنحنيات المبينة على الاشكال (7)،(8)،(9) والتي تبين تغير العامل مع تغير اجهاد التشديد وتغير ومن نزع الحمولة وتغير زمن التحميل اما عمليا فما يهمنا هي التشوهات السيلانية العكسية النهائية عندما تنزع الحمولة عن تربة التاسيس وتعين بالعلاقة التالية:

$$e_p(t) = e(t_p) - e_{Pp}(p, t_p, t - t_0) \qquad (20)$$

عند القيام بهدم الابنية القديمة بهدف اقامة ابنية حديثة مكانها او عند شق الحفر الكبيرة فان الحمولات تنزع عن الطبقة العليا لتربة التاسيس المستقبلية فقط بينما تبقى الطبقات الدنيا متاثرة بالحمولات الطبيعية الناتجة عن وزن طبقات التربة المتوضعة فوقها ولذلك فعند دراسة التشوهات السيلانية العكسية لتربة التاسيس الغضارية نقترح العلاقة الرياضية التالية التي استخرجناها من القياسات المخبرية:

$$e_p(t) = e_P(t_p) - e_{Pp}(t_p)(a_k - ce^{-\frac{t_p}{t_P}})(1 - e^{-b(t - t_p)})[(bp_1)^{m¢} - (bp_{zg})^{m¢}] \qquad (21)$$

حيث:

$$p_{zg} = \sum_{i=1}^{n} g_i.h_i$$

$$p_1 = p_0 + p_{zg}$$

p_o: الحمولات الاضافية .

P_{zg}: الضغط الطبيعي.

g: الوزن النوعي للتربة.

h_i: سماكة طبقات التربة

وفي حال نزع الحمولة عن تربة التاسيس الغضارية ذات المساحة الكبيرة وعن التربة المتجانسة قان مقدار ارتفاع سطح تربة التاسيس $(S\varphi)$ يمكن ايجاده عن طريق تكامل العلاقة التالية :

$$S\varphi(t) = \int_0^{h_a'} e_p(t).dz \qquad (22)$$

حيث ان h_a' هي عبارة عن سماكة طبقة التربة التي تحدث بها التشوهات العكسية .

وعن طريق اجراء تكامل العلاقة (22) وادراجها في العلاقة (21) فاننا نتمكن من الحصول على صيغة تسمح لنا بتوقع مقدار الارتفاع الذي يحصل مع الزمن لتربة التاسيس الغضارية عندما يتم نزع الحمولة عنها ويتم بعد الاصلاح الحصول على العلاقة التالية:

$$S\varphi(t) = e_P(t_p)\left(a_k + c.e^{-\frac{t_p}{t_P}}\right)\left(1 - e^{-\mathbf{I}(t-t_0)}\right).\frac{1}{bg}.\frac{1}{1+m}. \\ .\left\{\left[b\left(p_0 + gh_a'\right)\right]^{1+m\varphi} - \left(bp_0\right)^{1+m\varphi} - \left(bg.h_a'\right)^{1+m\varphi}\right\} \qquad (23)$$

اعتمادا على التجارب التي قمنا باجرائها على التربة في جهاز الضغط الثلاثي المحاور تبين ان :

. عامل ناداي– لادي يتغير من –1 الى +1 مما يدل على تغير الحالة الاجهادية للعينة.

ـ تبين لنا اثناء التجربة ان قيمة التشوهات العكسية تزداد فقط عندما تكون قيمة الضغط الجانبي اكبر من قيمة الضغط الشاقولي .

وبناء على هذه الملاحظات نقترح العلاقة التالية لحساب سماكة طبقة التربة (الطبقة الفعالة) التي تحدث فيها التشوهات المعاكسة وحددناها من العلاقة التالية:

$$\boxed{h_a' = \frac{k - k_1}{1 - k}.\frac{p}{g}} \qquad (24)$$

حيث :

k: عامل الدفع الجانبي للتربة عندما يكون الضغط وحيد المحور

k_1: عامل الدفع الجانبي للتربة عندما يتم نزع الحمولة عنها ومحددة ضمن مجال الحمولة المنزوعة $p - p^*$

p^* : الاجهادات التنزورية التي تمثل الحالة الاجهادية التي يتساوي فيها الضغط الجانبي والعمودي في عينة التربة اثناء عملية نزع الحمولة .

من اجل قيم الانتقالات النهائية المعاكسة لطبقة التاسيس اثناء نزع الحمولة أي الانتقالات التي تحدث في الطبقة الفعالة بعكس جهة الهبوط قمنا باستخلاص العلاقة التالية :

$$S_{\varphi}(t) = \frac{b_1}{E_{p_2}} \left[\frac{(k - k_1)}{(1 - k_1)} . p . h_a - \frac{(1 - k)}{(1 - k_1)} . \frac{g . h_a^2}{2} \right] \qquad (25)$$

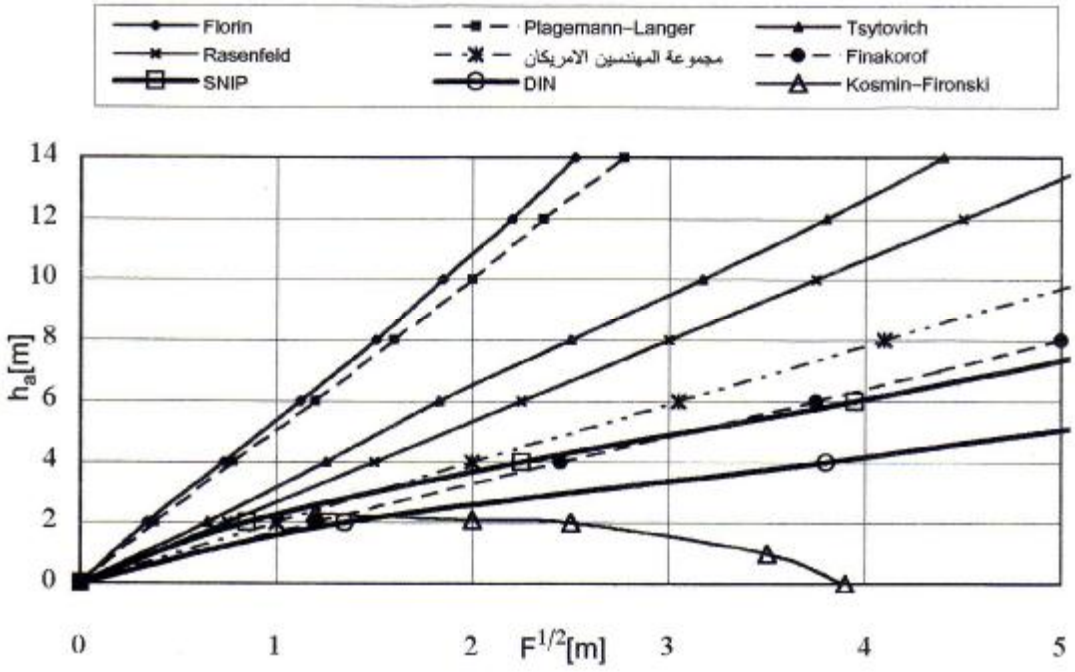
حيث :

b_1: عامل ياخذ بالاعتبار انعدام التوسع الجانبي اثناء عملية نزع الحمولة.

E_{p2}: عامل تشوه التربة ويعين على منحني التشوهات العكسية ضمن مجال زمن نزع الحمولة.

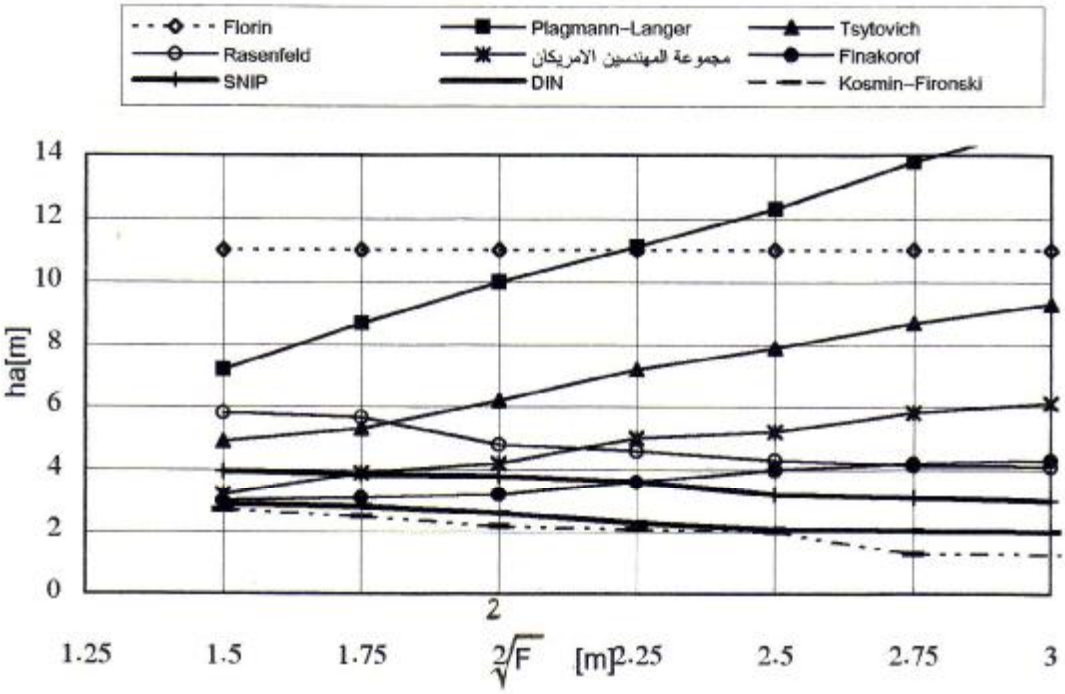
خاتمــة :

تسمح العلاقات (14) و(24) التي اقترحناها يتعيين سماكة الطبقة المنضغطة اثناء التحميل ha وسماكة المنطقة التي تحدث فيها التشوهات المعاكسة h'_a ، وان العلاقتين المذكورتين تاخذان بالاعتبار العوامل والبارامترات التي اغفلتها الطرق المعروضة في هذا البحث كما ان المعرفة المسبقة لهذه السماكات تمكن من الحساب الاكثر واقعية للهبوط النهائي الحقيقي تحت الاساس مما يمكن المصمم من اتخاذ الاجراءات والحلول المناسبة لتلافيه او للتخفيف من اثر التشوهات المسببة للتصدعات في الابنية والمنشآت الاقتصادية كالصوامع وخزانات النفط ..الخ.



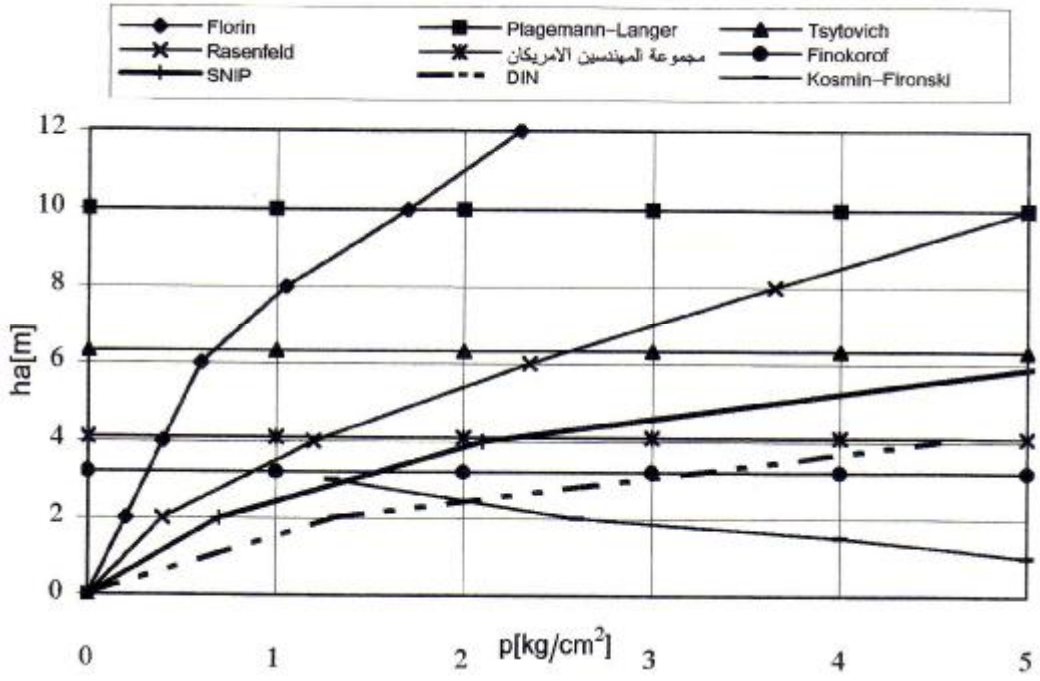
الشكل (1) : العلاقة بين السماكة الحسابية للطبقة المنضغطة وابعـــــاد الاساس المربع عندما تكون

الاجهادات $p = 2kg/cm^2$

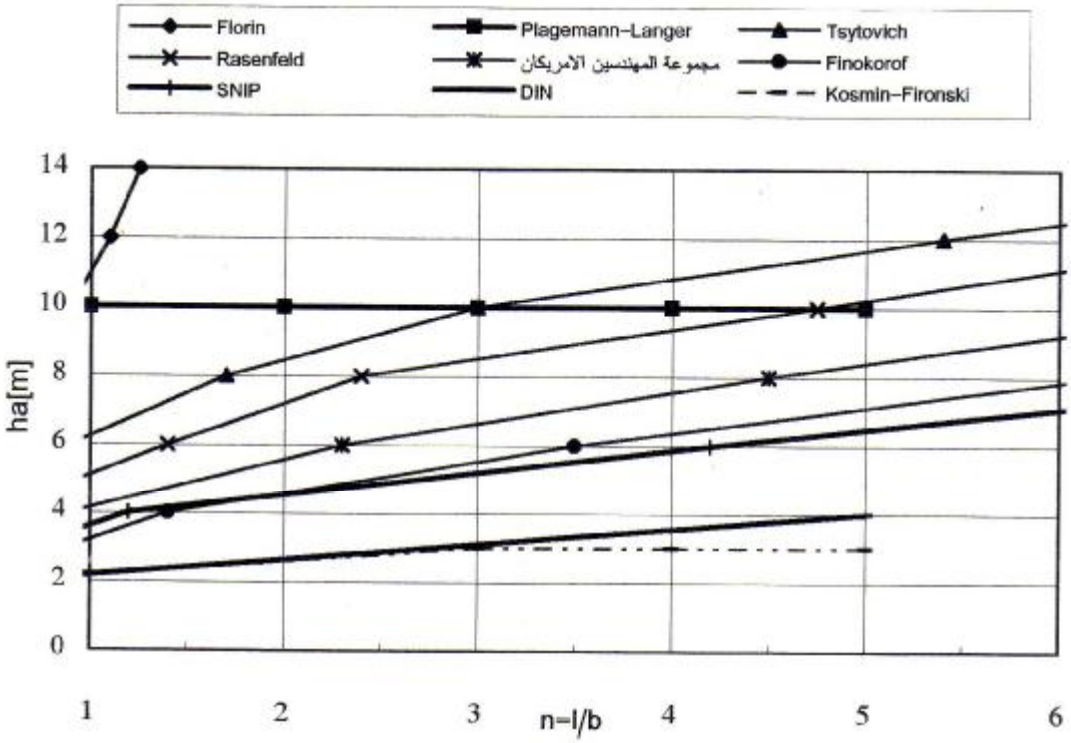


الشكل (2) : العلاقة بين السماكة الحسابية للطبقة المنضغطة وبين بعاد الاساس المربع من اجل حمولة

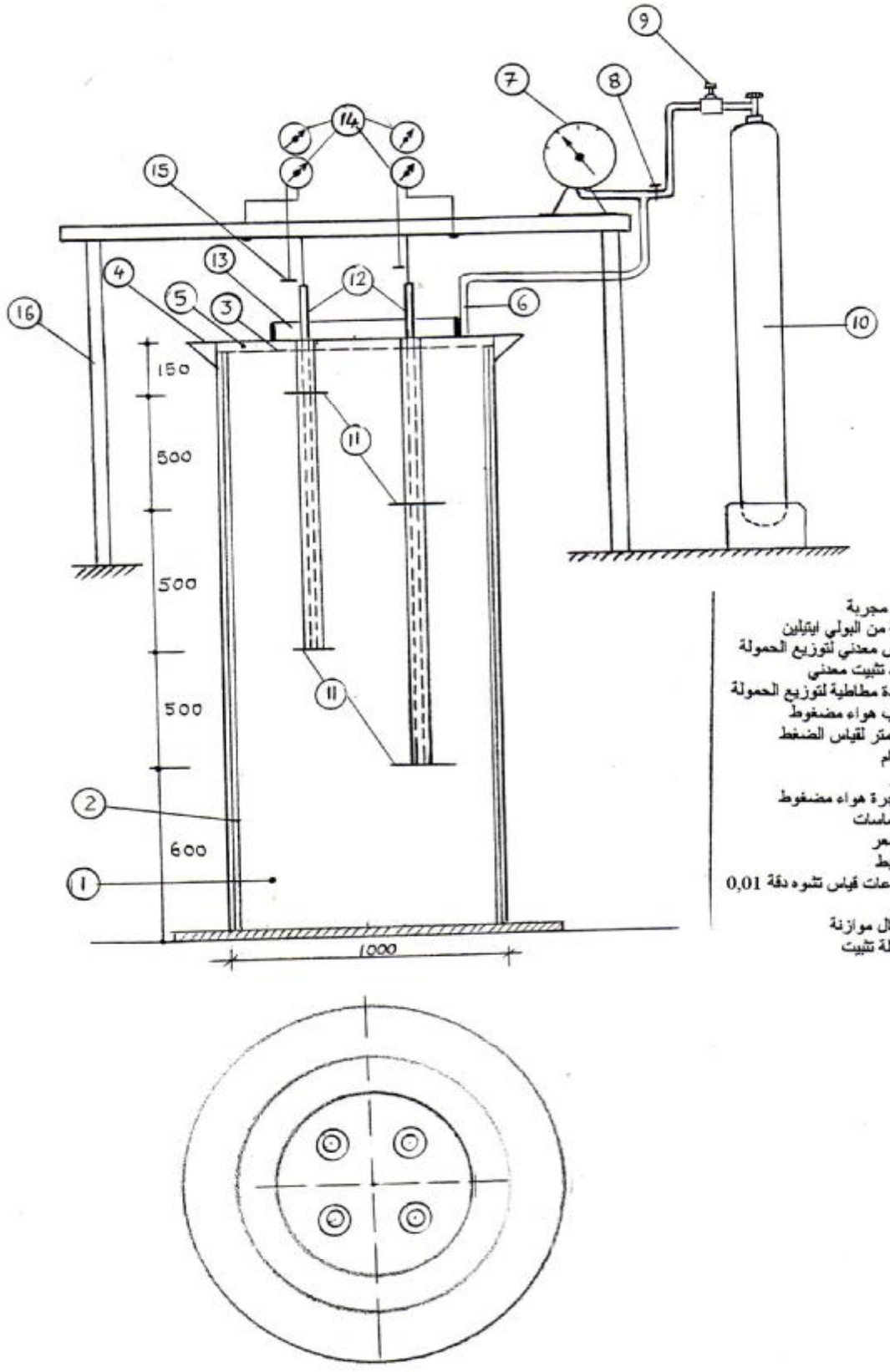
تساوي 80 طن



الشكل (3) : العلاقة بين سماكة الطبقة الحسابية واجهاد نعل الاساس المربع p عندما يكون b=2m

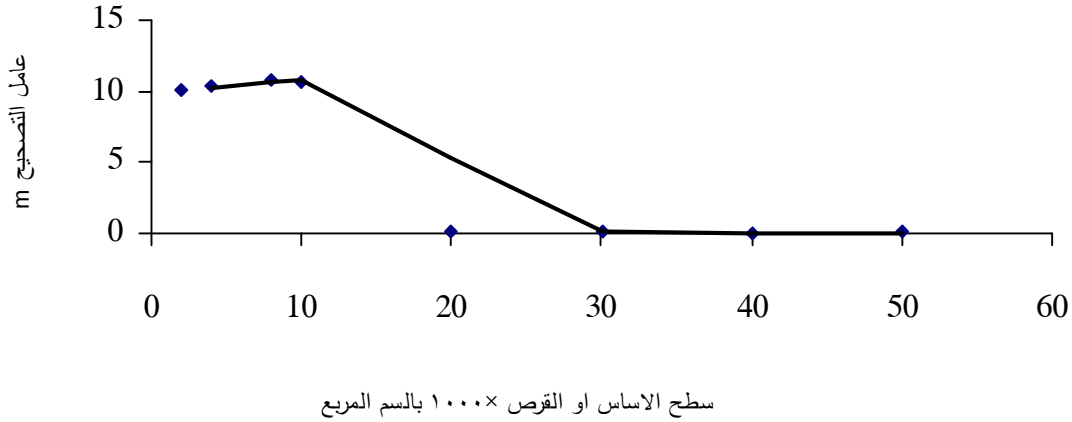


الشكل (4) : العلاقة بين ha والنسبة بين ابعاد الاساس عندما $p=2kg/cm^2$

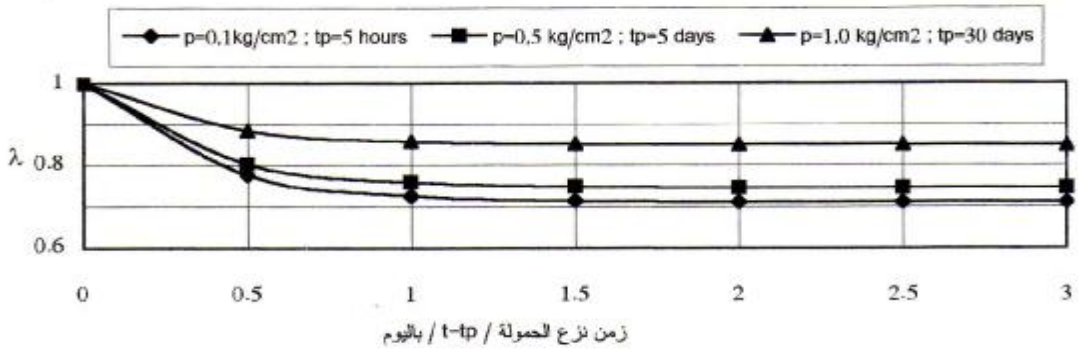


1 : تربة مجربة
2 : طبقة من البولي ايتيلين
3 : قرص معدني لتوزيع الحمولة
4: غطاء تثبيت معدني
5 : وسادة مطاطية لتوزيع الحمولة
6 : أنبوب هواء مضغوط
7 : مانومتر لقياس الضغط
8 : صمام
9 : سكر
10 : حجرة هواء مضغوط
11 : حساسات
12 : مشعر
13 : رابط
14 : ساعات قياس تشوه دقة 0,01 مم
15 : أثقال موازنة
16 : عتلة تثبيت

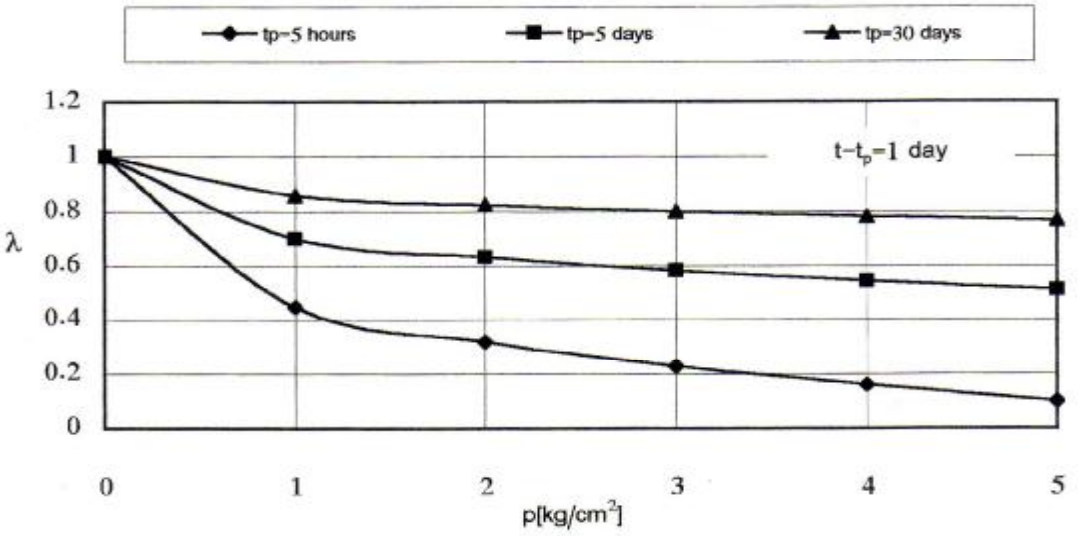
الشكل رقم / 5 / : الموديل المخبري لقياس التشوهات في حال التحميل ونزع التحميل



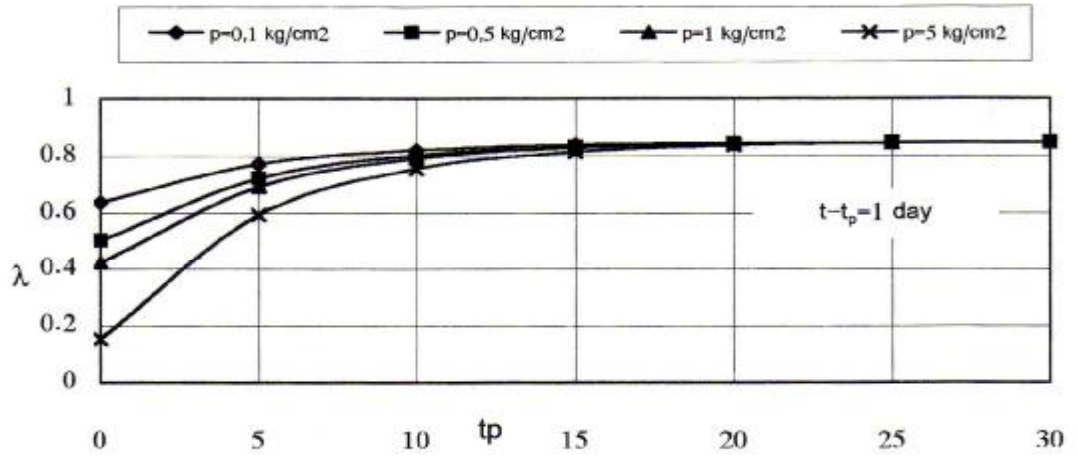
الشكل 6: قيمة معامل التصحيح m المقترح (بالسم) بدلالة سطح الاساس او القرص



الشكل (7) : تغير قيم λ مع زمن نزع الحمولة



الشكل (8) : تغير قيم λ بدلالة اجهاد التشديد المطبق



الشكل (9) : تغير قيم λ مع زمن التحميل tp

المراجع:

.....

1. SNIP 2-02-01-80-83* “ Gebäude- und Bauwerksfundamente”. Moscou (1998).

2. Beiblatt zu DIN 4019 - 4.79 – Teil 1 “ Baugrund; Setyungsberechnungen bei lotrechter mittiger Belastung .DIN-Taschenbuch .Beuth Verlag .Berlin-Köln 1991.

3. Beiblat zu DIN 4019 - 4.79 – Teil 2 “ Entwurf - ; - bei schräg und bei ausmittig wirkende Belastung (Verkantung), Richtlinien (×1,68). DIN-Taschenbuch .Beuth Verlag .Berlin-Köln 1991.

4. Iwanow ,N.N.: “ Über das Problem: Feststellung der Setzung von Baukostruktionen” ; Leningrad (1972).(Übersetzung).

5. Tsytovich ,N. “ Soil mechanics “ Mir Publishers – Moscow – second edition (1987).

6. Wasilewski,W.M.: “ Zeitlische Setzung der Baukonstruktionen“;Moscau-Leningrad (1950).(Übersetzung).

7. SNIP 2-02-02-85 “ Fundamente der hydrautechnischen Bauwerke“.Moscou (1996).

8. Maslof,N. N.: “Basic Engineering Geology and Soil mechanics, Mir publischers Moscow. (1987) .

9. Florin,W.A. :Entwurf u. Berechnung der Fundamente von geotechnichen Bauwerke. Staatliche Bauvelrlag.Moscau. (1948).

10. Hakimof, H. R.: Berechnung der Setzung von Bauwerken auf normalen Böden und Feststellen der kritischen Tiefe. Staatliche Bauvelrlag.Moscau-Leningrad. (1936) .

11. Tsytovich,N.; Zaredsky ,Yu.K.“Prediction of Settlement Rates of Structur Bases).Moscow. (1967).

12. Rasenfeld, E.J.: Berechnung der Mächtigkeiten der zusammendruckbaren Schichten.. Staatlichr Bauverlag. Moscau. (1963).

13. Plagemann; Langer: Die Gründung von Hoch u. Ingenieurbauten.. Leipzig. (1948).

14. Kosmin-Fironski: Berechnung der Fundamente in Grenzzuständen. Rostow (1963).

15. Finakorof: Physikalicsche u. mechanische Eigenschaften der gefrorenen Böden. Minsk. Staatliche Bauverlag (1963).

16. Wichenwski,G: Das Prinzip der reversiblen Fließverformungen. Leningrad (1975). (Übersetzung).

17. Probleme der Bodenmechanik u.des Frostes im Baugrund – geotechnische Zeitschrift (Heft der Schriftensammlung (S.24-32) – Moscau. (1990). (deutsche Auflage).

18. Uchof,C.B.; Simionof,W.W. " soil mechanics a. foundation Engineering". High school. Moscow (2002).